

Udržování stálého vnitřního prostředí, exkrece a termoregulace

homeostatické mechanismy pro

- stálou koncentraci rozpuštěných látek → osmotický tlak (**osmoregulační funkce**)
- pH (**exkreční funkce**)
- teplotu těla (**termoregulační pochody**)

OSMOREGULACE

Vývoj (a vznik) živočichů v moři -> radiace do sladkých vod a souš.

	Koncentrace solí	Hl. ionty	Další
Mořská voda	3,5 % = 1122 mmol/l	Cl ⁻ Na ⁺	Mg ²⁺ SO ₄ ²⁻ Ca ²⁺
Sladká voda	0 0	Ca ²⁺ Na ⁺ HCO ₃ ⁻	dtto
Brakická voda	0,05-3% 10-1000		

Tělní tekutina (většiny) 300 mmol/l

Živočichové **euryhalinní** (snášejí vysoké konc. soli (až 30%)–

stenohalinní nesnášejí změny obsahu soli ve vodě

Mnozí bezobratlí – **izoosmotičtí** (tělní tekutiny o stejném osmotickém tlaku, jako je mořská voda)

osmokonformátoři (poikiloosmotičtí) mohou žít ve sladké i slané vodě.

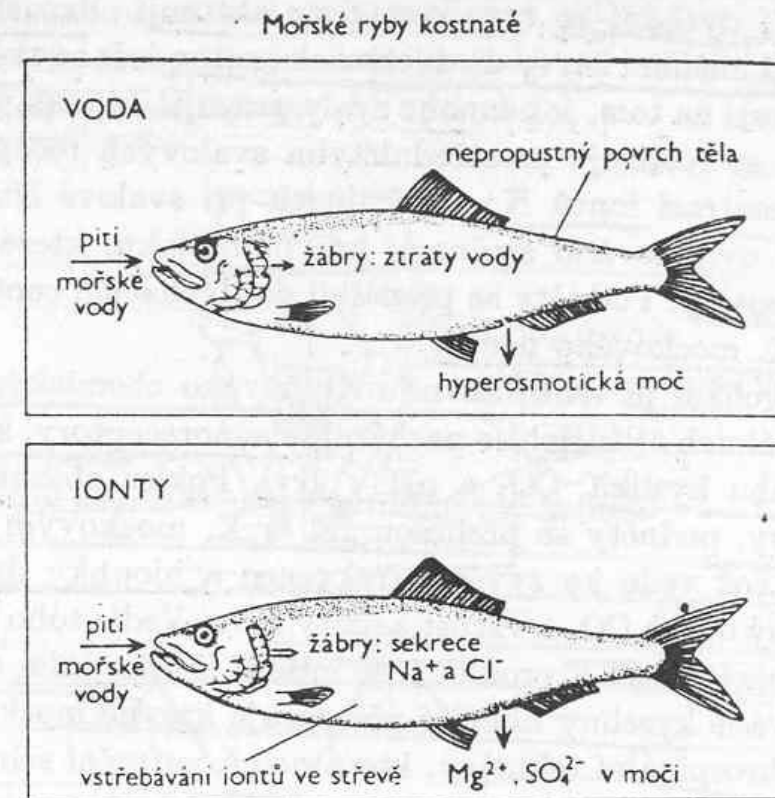
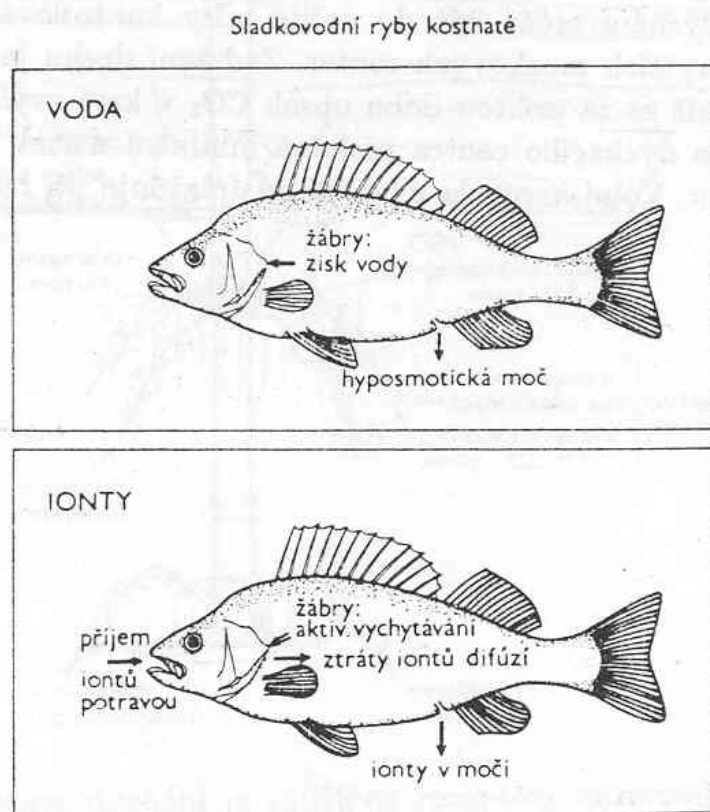
Koncentrace iontů u nich v určitém rozmezí může kolísat. Regulují tyto koncentrace.

- **osmoregulátoři (homoioosmotičtí)** živočichové, musí udržovat stálou koncentraci iontů. Musí tedy žít pouze ve sladké x slané vodě (mořská ryba ve sladké vodě zahyne) mohou žít ve sladké i slané vodě)

("vybírají si" – **iontová regulace**).

homoomotičtí

Výrazný vývoj selektivní schopnosti výměny některých iontů —
(**hypoosmotičtí**) živočichové – mořské kostnaté ryby – jejich tělní tekutiny jsou asi 3x zředěnější než mořská → stálá regulace proti ztrátám vody (kůže, šupiny).
Hlavní cesty ztrát vody: žábry a ledviny → zlepšení jejich koncentračních schopností.



Brakické a sladké vody - živočichové **hyperosmotičtí** (více solí v tělních tekutinách než ve vodním prostředí) → obrana proti ztrátám solí a vnikání nadbytečné vody dovnitř (přes žábry)

U suchozemských – nebezpečí vodních ztrát.

Úkol: udržení vodní bilance (rovnováha ztrát vody x mechanismů regulujících příjem).

Mechanismy vodních ztrát

Vypařování

Ztráty vody močí

Ztráty vody výkaly

Mechanismy příjmu vody

Pití a příjem potravy

Metabolická voda (oxidační)

Osmoregulační orgány

Těsné spojení exkreční a osmoregulační funkce.

Stažitelná vakuola prvoků

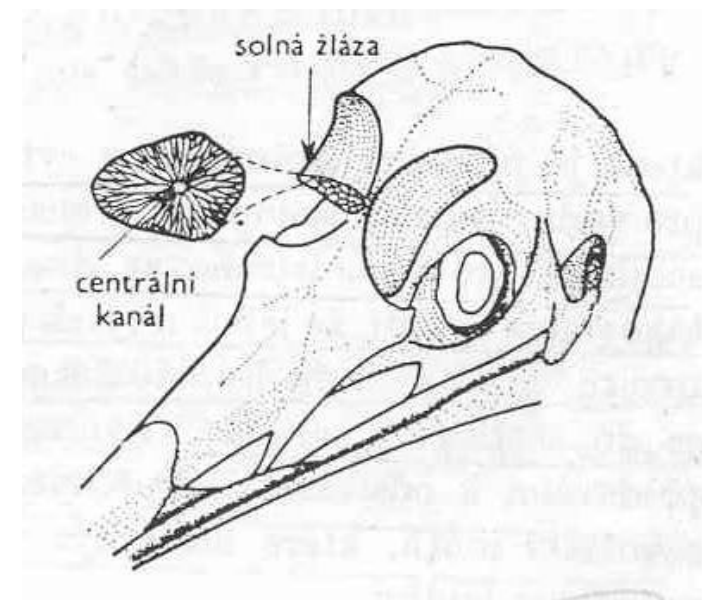
Řízení přesunu iontů a vody – látkové:

Bezobratlí (žížala, slimák) – **nervové buňky** produkují látky, které řídí obsah vody a iontů v organismu.

Obratlovci – z **neurohypofýzy** (ADH – antidiuretický hormon), z **kůry nadledvin** (aldosteron).

Společné působení **1.** na úrovni povrchových membrán (žábry, kůže, močový měchýř žab) a **2.** ledvinných kanálků a na **3.** rektální a **4.** solné žlázy.

Specializované orgány s osmoregulací – **solné žlázy** ptáků a želv na vrcholu hlavy nad očima. Stejně **slzné žlázy** krokodýlů.



EXKRECE

Spalování živin - produkty metabolismu z těla různými cestami:

- **voda** s močí, výkaly, výparem z kůže, plic
- **CO₂** – v plicích, ale i moči, potu (jako kyselé uhličitany)
- **N-sloučeniny** - **exkreční orgány**

Tvorba exkrečních látek: deaminací aminokyselin → amoniak (jedovatý) – živočichové **amonotelní** (vodní).

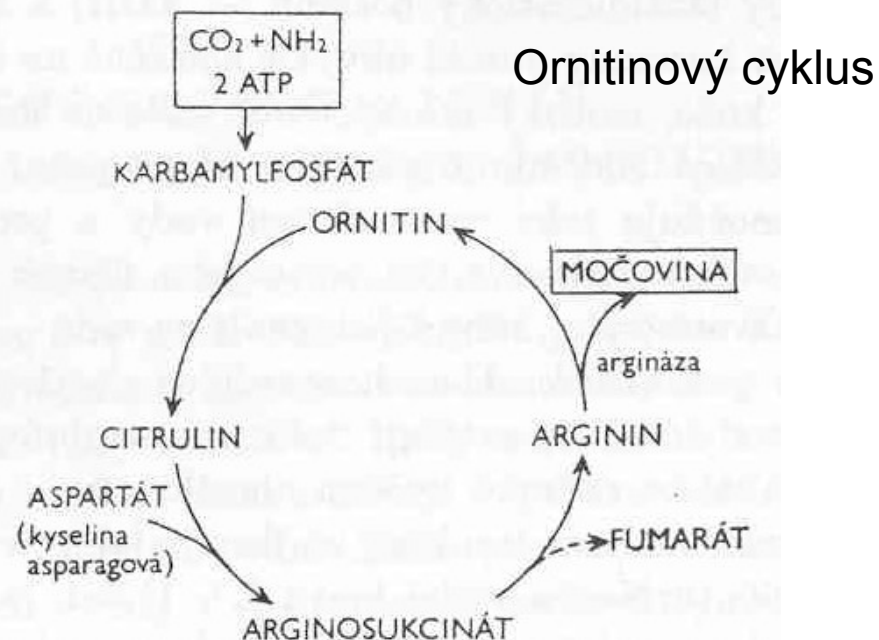
Suchozemští - přeměna amoniaku na méně jedovaté zplodiny (močovina, kyselina močová).

Živočichové **ureotelní** – (močovina)

(korýši, měkkýši, ostnokožci, z obratlovců obojživelníci a savci),

urikotelní (kys, močová)

(suchozemští bezobratlí – hmyz, plži, většina plazů a ptáků).



Odvod exkretů

Exkreční ústroje morfologicky rozmanité, společné znaky:

1. kromě odstraňování nepotřebných (škodlivých) látek
i regulace osmotického tlaku
2. vztah k tělní tekutině
3. podoba trubic, které jímají exkreční tekutinu
(izotonickou) filtrací (hmyz ne).
4. resorpce a sekrece – proti koncentračnímu spádu,
potřeba energie

Prvoci, houby, láčkovci, ostnokožci – bez exkrečních orgánů.

Vyšší živočichové – 4 typy vylučovacích orgánů:

1. Nefridiální orgány hlístů, červů a měkkýšů – podoba kanálků

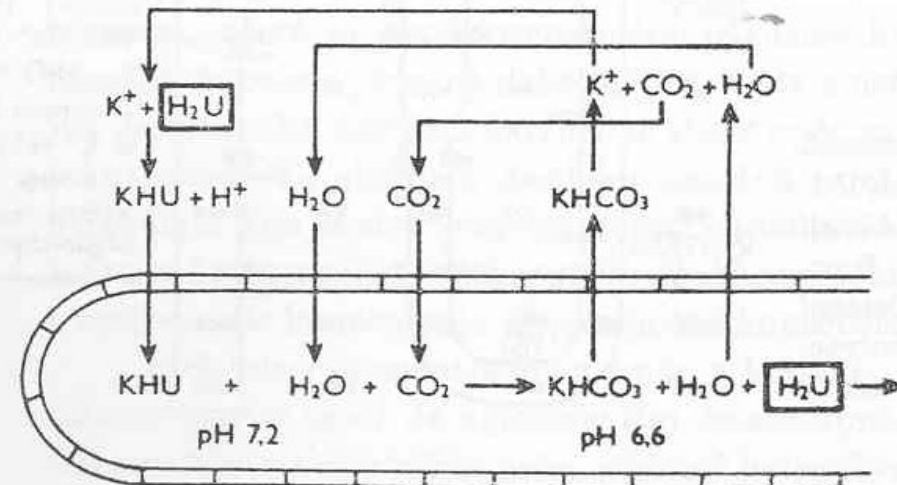
zakončenými plaménkovými buňkami, Ten plamének (bičík) vhání tekutinu do nálevky, která se otevírá do dutiny (většinou coelomu). Tato tekutina je filtrována, hypotonická

2. Antenální žlázy korýšů obdoba ad 1. Váček se otevírá do ceolomu, uloženy v přední části těla. Vývod váčku se výrazně rozšiřuje nebo mění v labyrint rozšířených dutin. Tento kanál může být opatřený močovým měchýřem, ústí na hlavě. V Labyrintu zpětná resorpce organických látek, zatímco kanálek - vychytávání anorganických látek, hypotonická moč.

3. Malpigické žlázy hmyzu slepé trubice ústící druhým koncem do střeva hmyzu. Jejich počet je rozdílný mohou být pouze dvě, ale i několik set. Nedochozí zde k filtraci, ale ionty pronikají do trubic aktivním transportem a lumenem této trubice sestupují dolů. Přesouvá se tam i voda, níže i oxid uhličitý a vytváří se zde hydrogen-uhličitanové soli a kyselina močová a dusíkaté soli. O něco níž dochází ke zpětné resorpci vody. Voda přechází zpět do tělních tekutin. Tyto exkreční produkty přecházejí do trávicí trubice a jsou zbaveny většiny vody.

4. Ledviny obratlovců

Obr. 115. Přesun kys. močové (H₂U) přes stěnu malpighických žláz u hmyzu.



Ledviny obratlovců

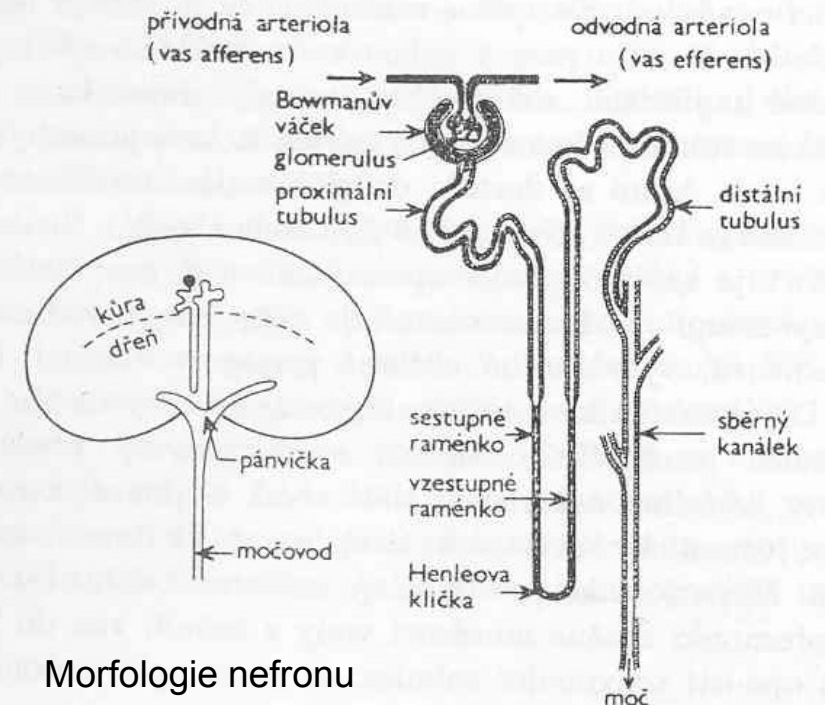
Párový orgán, kůra + dřeň z kuželovitých útvarů – pyramid. Hroty do ledvinné pánvičky, z ní močovod (*ureter*) → močový měchýř → močová trubice (*uretra*)

Nefron:

Bowmanův váček v kůře, v něm klubičko krevních vlásečnic (*glomerulus*). Z Bowm. v. – vinutý kanálek 1. řádu (*proximální tubulus*) – narovnání – přechod do dřeně – sestupná větev *Henleovy kličky*, vzestupná větev H. k. zpět do kůry, rozšířený zprohýbaný vinutý kanálek II. řádu (*distální tubulus*) → sběrný kanálek v dřeni s dalšími – společný vývod na vrcholu ledvinné pyramidy do pánvičky

a) **kortikální** nefron s krátkou H.k. – téměř celý v kůře

b) **juxtamedulární** nefron – glomerulus v kůře u hranice s dřením, dlouhá H.k.



Morfologie nefronu

Člověk

– 7 kortikálních nefronů,
1 juxtamedulární nefron,
celkem 7 miliónů v 1 ledvině.
Skot 4 mil., kočka 230000, myš 5000.

Krevní zásobení

– sestupná aorta →
krátká **renální tepna** –
rozpad na arterioly.

Ty vnikají do ledvin:

větve k Bowmanovým váčkům –
přívodné arterioly (*vas afferens*),
kapiláry v B.v.

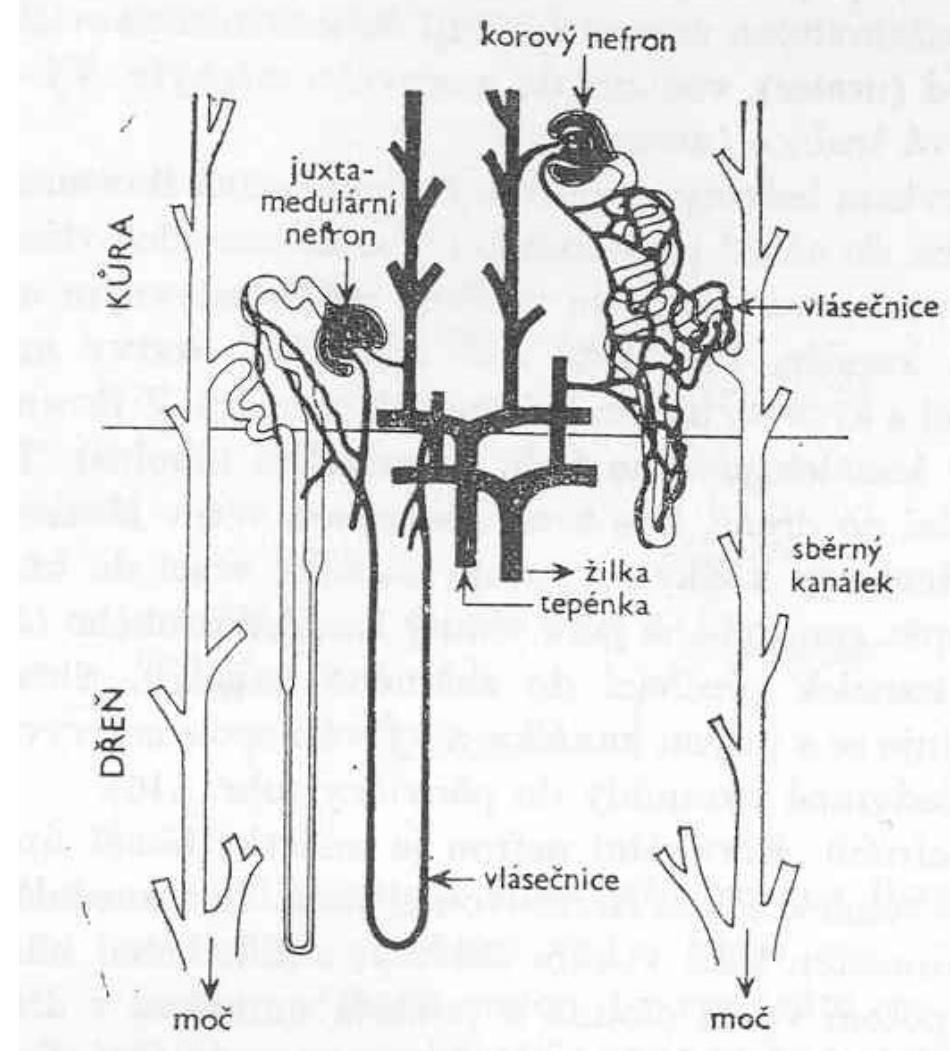
ty ke kanálkům,
rozpad na vlásečnice →

→ spojování v **odvodnou arteriolu**
(*vas efferens*),

žilky → renální žíla → dolní dutá
žíla.

Průtoky: člověk 1 300 ml /min.

Práce – stah renálních cév – pokles
průtoku, přesun krve ke svalům.



Obr. 117. Krevní zásobení nefronu.

Funkce ledvin:

oddělení zatěžujících látek z krve –
udržení stálého vnitřního prostředí

Glomerulus: filtr – oddělí tekutinu od
krevních buněk a bílkovin –

izotonický filtrát s krevní plazmou

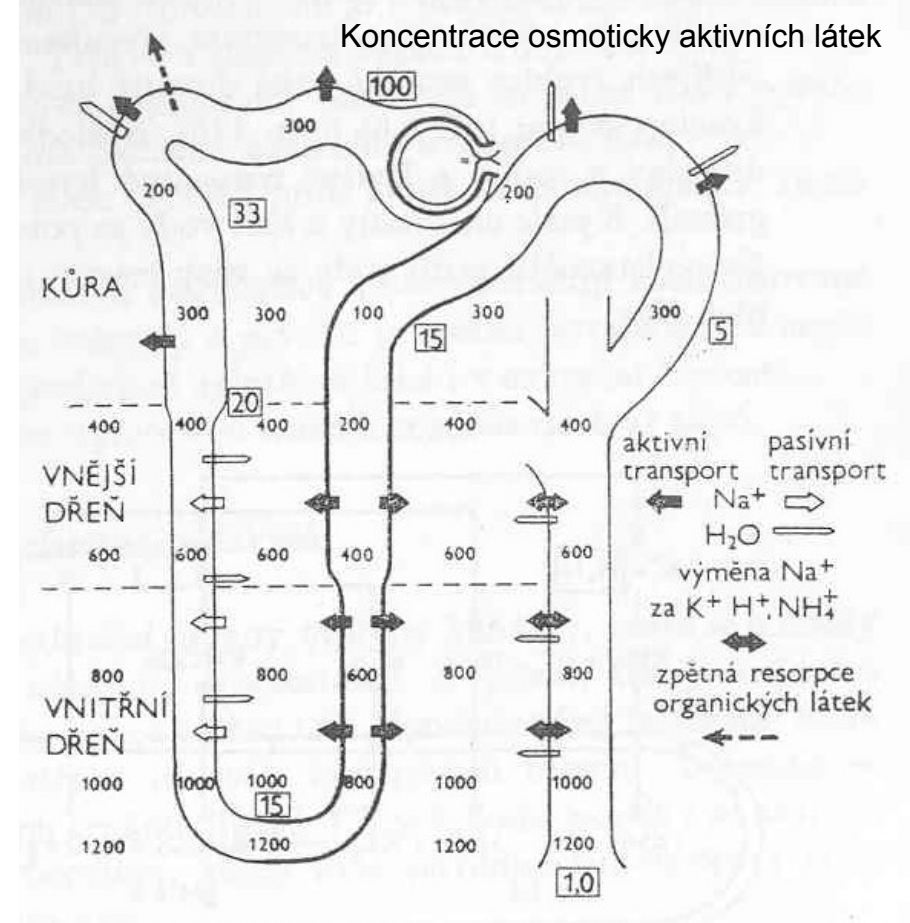
Vyšší tlak krve – vyšší filtrace.

Změny tlaku v Bowmanových váčcích –
závislé na relativním stupni konstriktce
přívodné a odvodné arterioly.

Intenzita glomerulární filtrace – v obou
ledvinách **za den** člověk profiltruje **150 l**
tekutiny – 1200 g NaCl, 200 g glukózy.
Zpětná resorpce.

Účinnost: reabsorpce glukózy – 100 %,
NaCl 99,5 %, vody 99 %.

První dva: aktivní proces s
enzymatickým nosičem + energií, voda –
pasivně osmotickým gradientem.



Obr. 118. Schéma procesů probíhajících v tubulech ledvin. Čísla v rámečku udávají procenta vody prošlé Bowmanovým váčkem. Ostatní čísla udávají koncentraci osmoticky aktivních částic v mmol/l.

Vstřebávané látky v
předním úseku proximálních tubulů:

glukóza
aminokyseliny
kyselina askorbová (C)
 Na^+
jiné elektrolyty
voda (80 %).

Sestupné rameno Henleovy kličky

propustné pro vodu,

vzestupné nepropustné –

značná resorpce Na^+ a Cl^-

→ do vinutého kanálku II. řádu

– hypotonická moč (100 mmol/l),

přesun dalších 10 % vody →

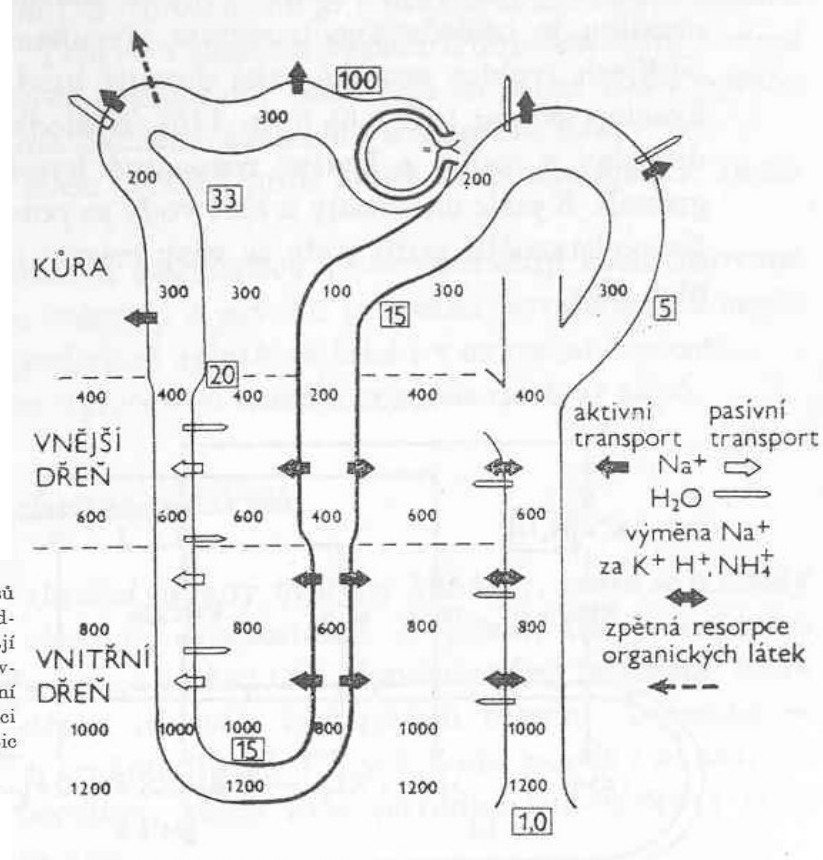
izotonická tekutina ve sběrném kanálku ledviny – další aktivní přesun Na^+

ven – zahušťování, další difúze vody a koncentrace moči. Výsledek -

1200 mmol/l.

Podstata koncentračních změn v ledvině – protiproudový mechanismus tvorby moči.

Tvorba moči – člověk 1,5 l za den (50 g pevných látek – 30 g močoviny, 15 g NaCl, další anorganické látky, stopy hormonů, produkty rozpadu – kreatinin, k. močová aj.



Obr. 118. Schéma procesů probíhajících v tubulech ledvin. Čísla v rámečku udávají procenta vody prošlé Bowmanovým váčkem. Ostatní čísla udávají koncentraci osmoticky aktivních částic v mmol/l.

Řízení činnosti ledvin

a) řízení průtoku krve – nervově – **sympatikus**

- průtok v kůře – bez výrazných změn, pouze změny krevního tlaku
- průtok dřeni – **závislý na krevním tlaku** – změny periferního odporu v přívodných a odvodných arteriolách a změny v počtech otevíraných kapilár v glomerulech

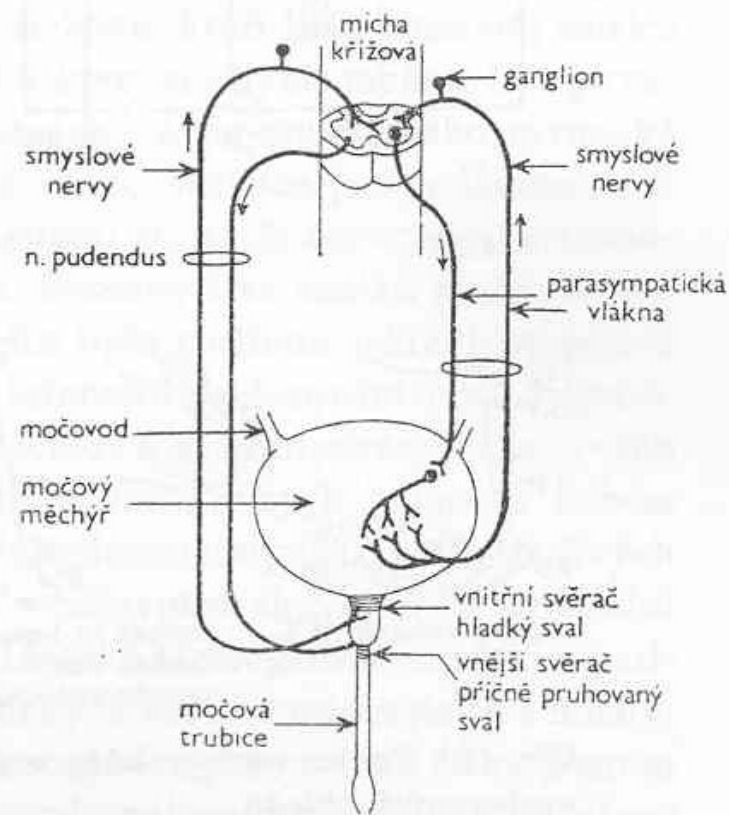
b) výměna látek v tubulech – humorální

- ADH (**antidiuretický hormon**) hypofýzy řídí zpětnou resorpci vody změnou velikosti pórů v proximálních tubulech
- **aldosteron** z kůry nadledvinek zvyšuje reabsorpci Na^+ v distálních tubulech, zvyšuje vylučování K^+ a H^+
- **paratyreoidní horm.** – snižuje zpětnou resorpci fosfátů

Močení

Močový měchýř – shromažďování moči.
Plastické stěny se svalovými vlákny (hladká), autonomní nervový systém.
Překročení určitého tlaku – (po roztah) – podráždění receptorů – reflex přes křížovou míchu – stah svalů močového měchýře – parasymptikus. Současné uvolnění svěračů močové trubice (somatická nervová vlákna) → vyprázdnění močového měchýře – reflexní děj na úrovni míchy s ovládáním vyššími patry nervové soustavy (vůlí).

Obr. 119. Nervové děje řídicí výdej moči.



Hospodaření teplem

Teplota – faktor ovlivňující intenzitu fyziologických pochodů.

Poikilotermí (ektotermní, studenokrevní) x
x **homoitermní** (endotermní, teplotokrevní) živočichové.

Silná závislost na teplotě prostředí

- ovlivnění aktivitou (zvýšení až o 12° C)
- ovlivnění energií slunečního záření
- aktivní ovlivňování tělesné teploty – včely v úlu (může určitým způsobem, i když jen na omezenou dobu, regulovat svou teplotu – behaviorální a fyzická termoregulace)

Specifické receptory na teplotní změny – až plazi

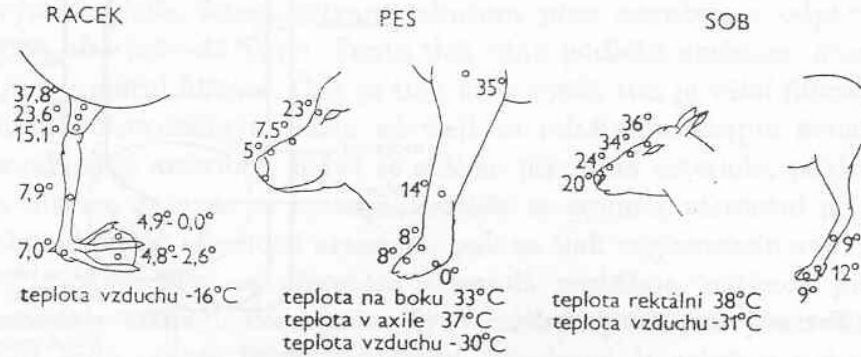
Teplota homoiotermů – okolo 37°C savci, ptáci vyšší.

Změny.

Povrchové oblasti – většinou chladnější (i výrazně).

$T > 41^{\circ}\text{C}$ – smrt savců, $T < 25^{\circ}\text{C}$ ireverzibilní poruchy srdeční činnosti (nepravidelnosti převodu vzruchů mezi předsíněmi a komorami).

Stálost tělesné teploty – regulační systémy (vznik x výdej tepla podle prostředí, izolační vrstvy, ...)

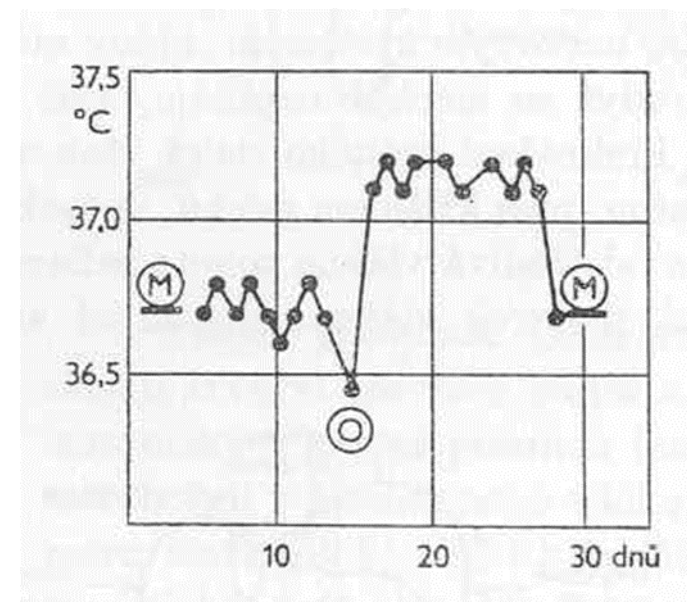
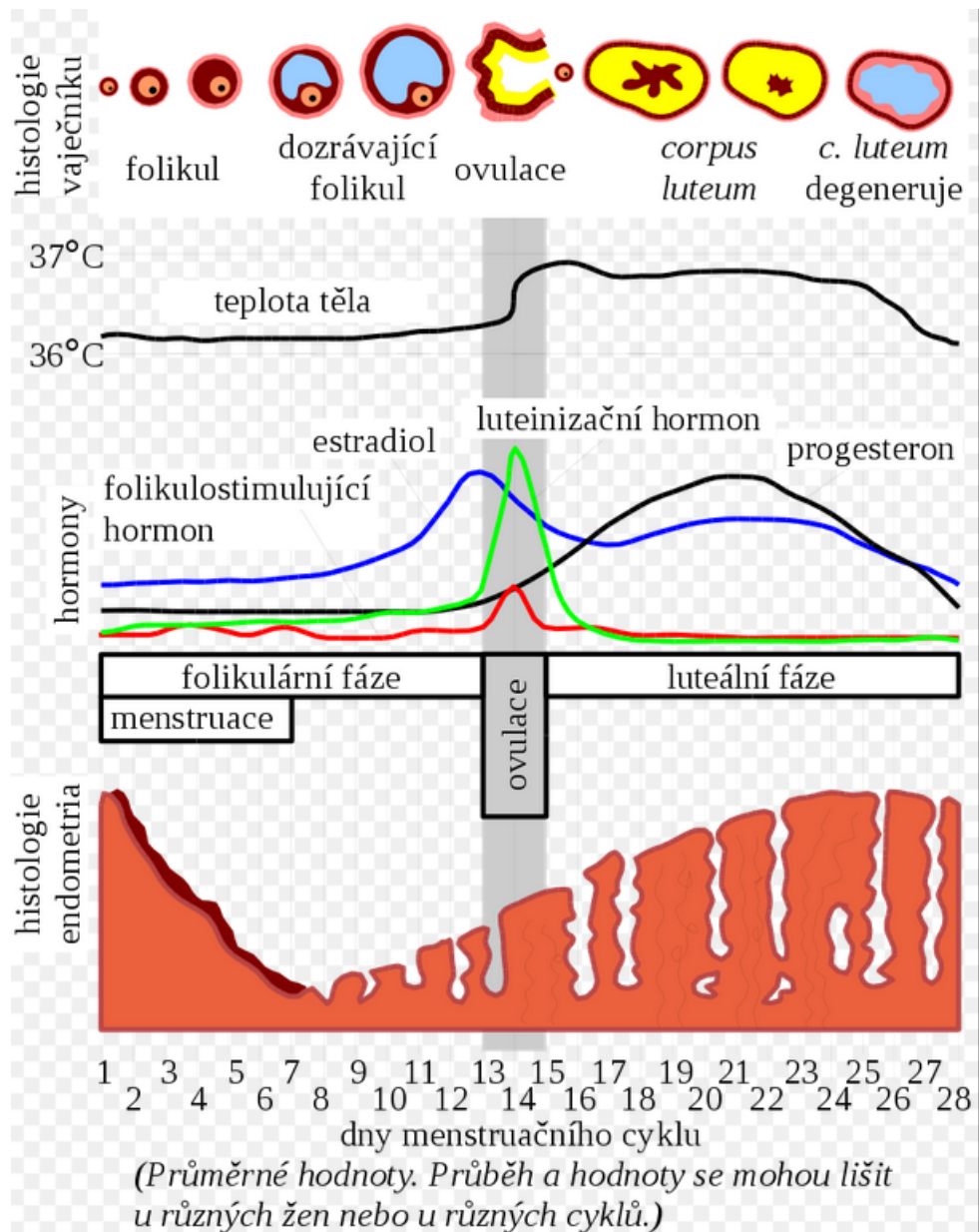


Obr. 121. Pokles teploty kůže v distálních oblastech těla homiotermních živočichů vystavených chladu.

Zisk tepla:

- oxidace základních látek (cukry, tuky, bílkoviny) – spalování
- a) primárně vedlejší produkt 55 % cukrů – 2,88 kJ/mol (0,69 kcal/mol)
- b) štěpení ATP – zbytek (45 %) energie živin → chemická energie fosfátových vazeb – využitelná pro všechny biologické děje
- c) teplo z prostředí – fyzikální cesty

Ztráty tepla: povrchem těla **prouděním** (*konvekce*), **sáláním** (*radiace*) - velikost ztrát stoupá se snižující se teplotou okolí. Význam vypařování - stoupá se zvyšující se t okolí. Ztráty tepla **vedením** (*kondukce*) jsou málo významné ve vzdušném prostředí.



Obr. 120. Změny klidové teploty ženy v průběhu ovulačního cyklu.

Mechanismy tepelné rovnováhy

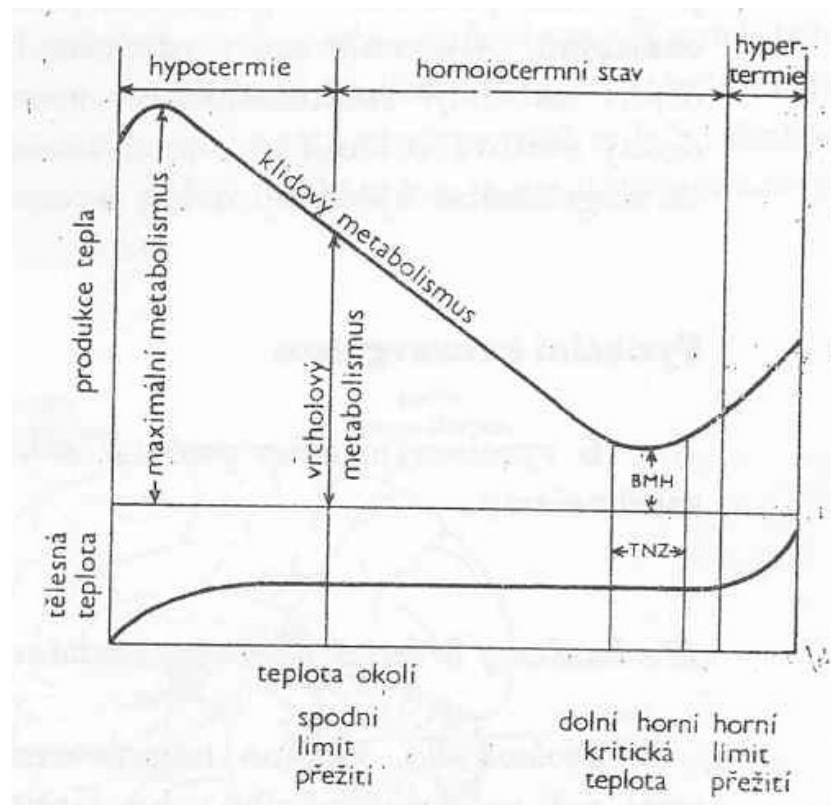
Homoiotermové – při určité t okolí rovnováha mezi výdejem a příjmem tepla bez termoregulačních dějů –

zóna termoneutrality – okolo 30° C.

Různý rozsah.

Přesáhnutí termoneutralní zóny –
činnost termoregulačních mechanismů:
chemické a fyzikální.

Souhra: neurohumorální děje.



Chemická termoregulace

Změny produkce tepla v těle.

Nižší teplota (než termoneutralní zóna) –
teplotní ztráty –

kompensace produkcí tepla (zvýšení metabolismu až organismus nestačí
pokrýt tepelné ztráty a prochladá). Metabolický kvocient = 3 – 6.

Chemická termoregulace

Produkce tepla v chladu: svalový třes, netřesová termogeneze.

Svalový třes – primární termoregulační význam. Rytmické nevolní **oscilace příčně pruhovaných svalů**. Jsou náhodné, nekoordinované končetin. Synchronizace do tzv. výbuchů

Netřesová termogeneze je vyvolána **termogenním působením hormonů (noradrenalin)** ze sympatického nervového systému a dřeně nadledvinek. Novorozenci a chladově adaptovaní živočichové, u větších (nad 10 kg) se nevyskytuje. U malých zvyšuje BMH až 5krát. Je lokalizována v hnědé tukové tkáni a částečně v kosterní svalovině.

Fyzikální termoregulace

Mechanismy hospodaření s teplem (vyrobeným i získaným).

Tepelná obrana proti ztrátám

Izolace těla

Prokrvení kůže

Změny v chování

Tepelné ztráty

Pocení – někteří, potní žlázy nerovnoměrně rozloženy.

Člověk denně až 10 l potu – neutrální - slabě kyselý,

2 % sušiny – kyselina močová, glukóza, NaCl,

nižší mastné kyseliny (zápach). Ztráty tepla dýchacími cestami.

Vazodilatace – při přehřátí – roztažení cév, zvýšení tepelných ztrát povrchem (teplé prostředí, práce, teplé jídlo a pití).

Nepozorovatelné vypařování (*perspiratio insensibilis*) – denní ztráty až 800 ml vody a 1884 J

Chování živočichů

Řízení hospodaření teplem

Fyzikální a chemická termoregulace - nervov

Termorecepce - termoreceptory v kůži

Další reakce:

změny t krve zásobující mozkový kmen.

Integrace - přední hypotalamus.

Nižší termoregulační centra –

segmenty míchy

(vazomotorické reakce, vylučování potu),

mozková kůra - podmíněné reflexy

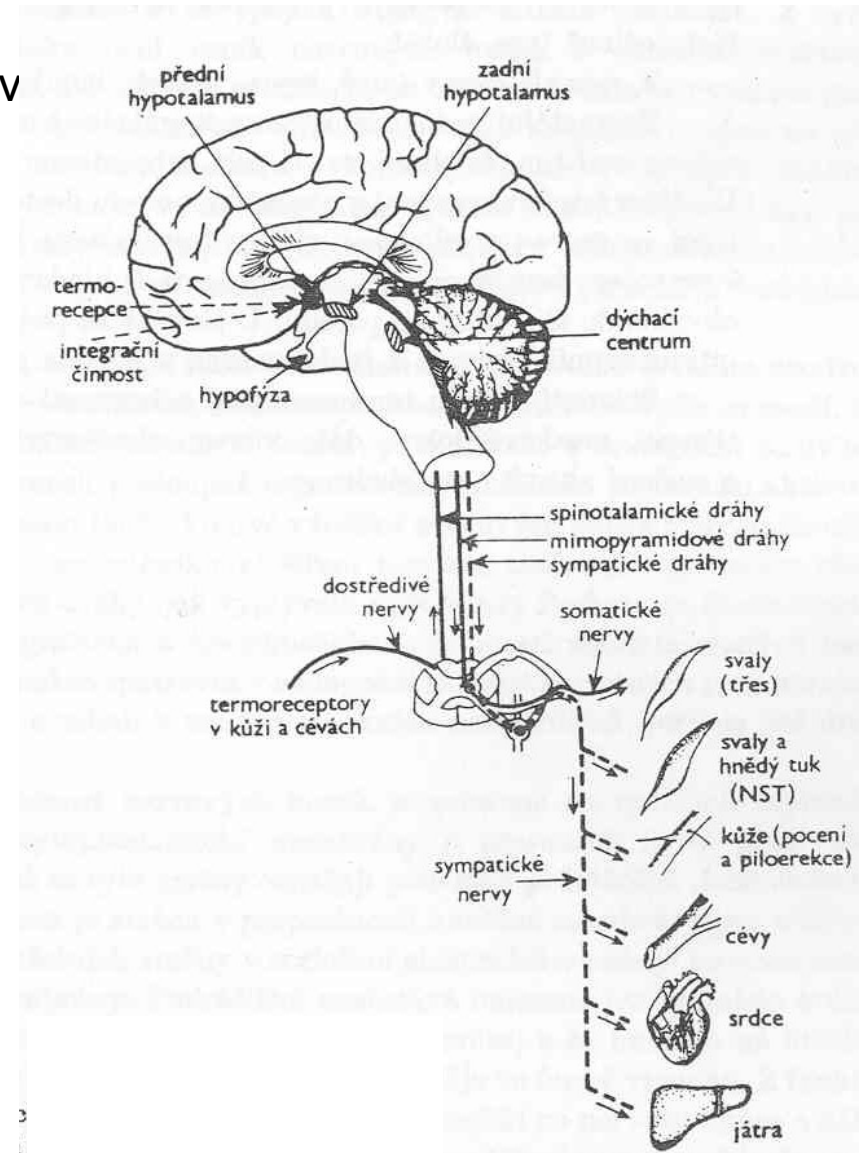
(vazodilatace, pocení - emoce

bez termoregulačního významu,

denní rytmy tělesné teploty).

Odstředivé dráhy

začínají v (zadním) hypotalamu,



Vývoj termoregulace v ontogenezi

Podle kvality termoregulace v okamžiku porodu:

1. zralé formy (kuře, morče)
2. formy s termoregulací odlišnou od dospělců (pes, člověk)
3. nezralé formy (myš, krysa, křeček, holub aj.)

Stárnutí organismu - snižování termoregulačních schopností (menší funkční plastičnost mozkové kůry, zhoršení vazomotorických reakcí, snížení aktivity metabolismu aj.).